



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 25 183 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 M 11/00
G 01 M 11/02
G 01 M 11/08
G 02 B 6/24

②① Aktenzeichen: 197 25 183.8
②② Anmeldetag: 13. 6. 97
④③ Offenlegungstag: 17. 12. 98

DE 197 25 183 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

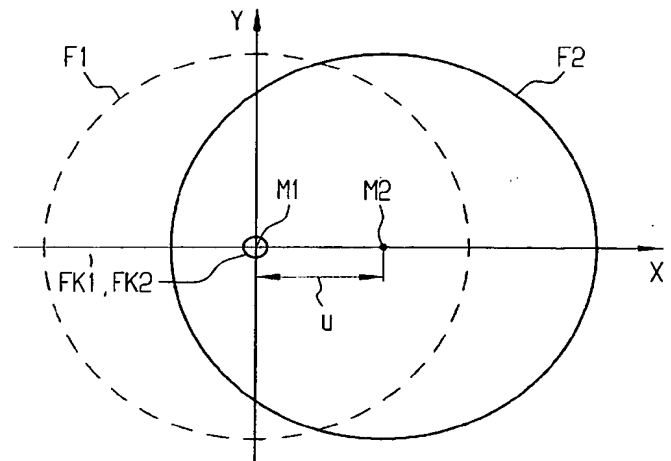
⑦② Erfinder:
Zamzow, Bert, Dipl.-Ing., 81371 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren und Gerät zur Kernexzentrizitätsbestimmung von Glasfasern

⑤⑦ Verfahren und Gerät zur Kernexzentrizitätsbestimmung von Glasfasern.

Bei der Kernexzentrizitätsbestimmung von Glasfasern (F1, F2) werden die Faserkerne (FK1, FK2) voneinander stirnseitig angenäherten Enden von zwei eine Referenz- bzw. eine Meßfaser bildenden Glasfasern fluchtend miteinander ausgerichtet und der Versatz der Mittelpunkte der Glasfasern gemessen. Zusätzlich wird der Versatz der Glasfaser-Mittelpunkte (M1, M2) in mindestens einer Relativ-Drehstellung der beiden Glasfasern (F1, F2) mit Hilfe einer Außenkonturvermessung bestimmt.



DE 197 25 183 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Kernexzentrizitätsbestimmung von Glasfasern der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Art.

Bei optischen Glasfasern erfolgt der eigentliche Lichtübergang nicht in der gesamten Glasfaser, sondern im sogenannten Faserkern. Dies ist ein runder Bereich in der Fasermitte mit etwa 8 μm Durchmesser bei Monomodefasern. Der Faserkern ist vom sogenannten Fasermantel umgeben, so daß der Gesamtfaserdurchmesser etwa 125 μm beträgt. Eine Faser, bei der der Mittelpunkt des Faserkerns genau in der Fasermitte liegt, wird als konzentrisch bezeichnet. Eine Faser, bei der die Mittelpunkte von Kern und Faser einen Abstand aufweisen, wird als exzentrisch bezeichnet, und dieser Abstand wird als Exzentrizität bezeichnet.

Die Kenntnis dieser Exzentrizität ist insbesondere bei der Verbindung von Glasfasern wichtig. Bei exzentrischen Fasern ist es möglich, daß zum Beispiel beim Einkleben von Fasern in einen Stecker die Fasern genau aufeinander ausgerichtet sind, die Faserkerne jedoch nicht. Dadurch kommt es zu einer unerwünschten Dämpfung des Lichts beim Durchgang durch die Steckverbindung. Auch bei anderen Verbindungsarten, z. B. beim thermischen Verbinden von Glasfasern tritt das gleiche Problem auf.

Zur Vermeidung des Problems werden die Faserkerne miteinander ausgerichtet, beispielsweise mit Hilfe des sogenannten "LD-Systems" (System zur lokalen Injektion und Detektion von Licht) der Anmelderin. Hierbei werden die Glasfasern so gebogen, daß sich Licht an den Biegestellen ein- und auskoppeln läßt. Dabei wird eine fortlaufende Transmissionsmessung durchgeführt. Dieses Verfahren wird in thermischen Glasfaser-Spleißgeräten zur Positionierung der Glasfasern zueinander und zur Ermittlung der Dämpfung des fertigen Spleißes verwendet.

Selbst wenn die Faserkerne vor dem Verschweißen genau zueinander ausgerichtet werden, vergrößert sich beim Verschweißen exzentrischer Glasfasern meist die Dämpfung des Lichtes zusätzlich, da bei exzentrischen Fasern und miteinander ausgerichteten Faserkernen eine Stufe zwischen den beiden Faseraußenkonturen auftritt, die beim Verschmelzen der Fasern zu einem Glasfluß führt. Dieser kann auch den Faserkern erfassen, ihn verbiegen und führt damit zu der unerwünschten Dämpfung.

Da die Exzentrizität somit bei der Spleiß- bzw. Verbindungstechnik einen erheblichen Einfluß auf die Dämpfung der Verbindung hat, ist es erwünscht, diese Exzentrizität einfach messen zu können. Bekannte Verfahren erfordern einen umfangreichen Meßaufbau und sind zumeist nur im Labor einsetzbar.

Aus der DE 38 33 275 A1 ist ein Verfahren der eingangs genannten Art bekannt, bei dem ein Lichtwellenleiter-Musterstecker mit möglichst exakt zentrisch angeordnetem Faserkern in einer Paßhülse gegenüberliegend zu einem Justierstecker angeordnet wird, dessen Glasfaser mit Hilfe eines Greifers in einer zur Längsachse der Glasfaser senkrechten Ebene in x- und y-Richtung bewegbar ist. Auf diese Weise ist es möglich, die in dem Justierstecker enthaltene Glasfaser mit ihrem Faserkern exakt auf den Faserkern des Mustersteckers auszurichten. Wird dann anstelle des Mustersteckers eine Glasfaser mit unbekannter Exzentrizität eingesetzt, so kann durch erneutes Bewegen des Greifers in der x-y Ebene die Exzentrizität der an der Stelle des Mustersteckers eingesetzten Glasfaser gemessen werden. Hierzu ist jedoch ein sehr speziell ausgebildetes Gerät erforderlich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das unter Verwendung von einer Außenkontur- und Transmissionsmessung zulassenden Meßeinrichtungen, beispielsweise in Glasfaser-Spleißgeräten, eine möglichst exakte Bestimmung der Exzentrizität ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht unter Verwendung relativ einfacher und in den meisten Fällen ohnehin vorhandener Geräte eine schnelle und genaue Bestimmung der Kernexzentrizität von Glasfasern.

Die Erfindung betrifft auch ein Gerät zur Durchführung des Verfahrens, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß es eine Einrichtung zur Ausrichtung der Faserkerne und eine Meßeinrichtung zu Bestimmung der Außenkontur der Fasern aufweist, und daß die so gewonnenen Meßgrößen einer Auswerteinrichtung zugeführt sind, die daraus die Exzentrizität des Kernes der Meßfaser bestimmt.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen noch näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung zur Erläuterung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens unter Verwendung einer Referenzfaser mit konzentrischem Faserkern.

Fig. 2 eine Darstellung zur Erläuterung einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die Referenzfaser und die Meßfaser Abschnitte der gleichen exzentrischen Glasfaser sind.

Fig. 3 ein Diagramm, das den relativen Fehler aufgrund eines Fehlwinkels bei der Faserdrehung zeigt.

Fig. 4 ein Gerät zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Bei der Ausführungsform nach **Fig. 1** sind zwei Lichtleitfasern F1 und F2 vorgesehen, deren Faserlängsachsen senkrecht zur Zeichenebene verlaufen. Die gestrichelt dargestellte Faser F1 dient als Referenzfaser und weist einen konzentrisch liegenden Faserkern FK1 auf, der durch einen Kreis angedeutet ist. Der Mittelpunkt oder die Längsachse der Referenzfaser F1 liegt in der Mitte des Faserkerns FK1. Weiterhin ist eine zu messende Faser (Meßfaser) F2 vorgesehen, deren Faserkern FK2 durch einen entsprechenden vorangegangenen Ausrichtvorgang (z. B. mittels des LID-Verfahrens, bei dem mittels einer Transmissionsmessung die Glasfasern F1 und F2 solange mittels Manipulatoren gegeneinander verschoben werden, bis die Faserkerne FK1 und FK2 fluchten und ein Maximum der Transmission ergeben) auf den Kern FK1 der Referenzfaser F1 ausgerichtet worden ist. Diese Faser F2 weist eine Exzentrizität u auf, wobei die x-Achse hier so gewählt ist, daß u auf der x-Achse liegt. Die Faser F1 und F2 sind ohne Coating vorausgesetzt, d. h. sie stellen blanke Glasfasern eines abgemantelten Lichtwellenleiters dar.

Nach der Ausrichtung der Faserkerne FK1 und FK2 aufeinander wird eine Außenkonturvermessung der Fasern F1 und F2 durchgeführt, beispielsweise mit Hilfe eines Verfahrens nach dem Patent EP 0 400 408 B1 der Anmelderin, wobei das dort verwendete System ein Verfahren zur Linsenprofil-Ausrichtung beschreibt und deshalb auch als "L-Pas-System"

bezeichnet wird. Da Verfahren zur Außenkonturvermessung die Position der Faseraußenkonturen im ausgerichteten Zustand miteinander vergleichen, entspricht der gemessene bzw. berechnete Versatz der beiden Außenkonturen der Kernexzentrizität. Die Außenkonturvermessung erfolgt zweckmäßig in zwei, vorzugsweise zueinander senkrechten, Ebenen. Dabei werden in den beiden zueinander senkrechten Richtungen jeweils Versätze aufgrund der Exzentrizität von dx und dy gemessen, dann ergibt sich die resultierende Exzentrizität u , d. h. der Abstand des Mittelpunktes $M2$ vom Mittelpunkt des Faserkernes $FK2$ zu

$$u = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

In **Fig. 2** ist eine zweite Ausführungsform des Verfahrens dargestellt, bei dem keine konzentrische Referenzfaser wie bei **Fig. 1** benötigt wird. Hier ist davon ausgegangen, daß die beiden Fasern $F10$ und $F20$ die gleiche Exzentrizität aufweisen, d. h. den gleichen Abstand zwischen dem Kern und dem Mittelpunkt der Faser. Dies kann im allgemeinen einfach dadurch realisiert werden, daß als Referenzfaser $F10$ das gleiche Stück einer Faser verwendet wird wie die Meßfaser $F20$, d. h. beispielsweise wird von der Meßfaser ein Stück abgetrennt und als Referenzfaser benutzt. Dies ist deshalb möglich, weil sich die Exzentrizität einer Faser über deren Länge nur geringfügig oder gar nicht ändert. Besonders geringe Änderungen sind dann erreichbar, wenn die Trennstellen der beiden Fasern $F10$ und $F20$ unmittelbar aufeinander ausgerichtet werden, d. h. es stoßen Teile der Fasern $F10$ und $F20$ beim Ausrichtvorgang aneinander, welche auch vorher benachbart waren. Es ist aber auch möglich, daß innerhalb einer ganzen Charge z. B. innerhalb einer entsprechenden Lichtwellenleiter-Vorratsspule die Exzentrizität praktisch konstant bleibt, weil diese Exzentrizität ein Parameter des Fertigstellungsvorganges der Lichtwellenleiter (= Ziehen aus der Vorförm) ist, der im allgemeinen keinen größeren Änderungen innerhalb einer Charge oder eines Ziehvorgangs unterliegt.

In **Fig. 2** sind wie bei **Fig. 1** die beiden Fasern $F10$ und $F20$ als bereits mit ihren Kernen $FK10$ und $FK20$ aufeinander ausgerichtet angenommen, während ihre Mittelpunkte oder Achsen $M10$ und $M20$ um den Wert v_1 gegeneinander versetzt sind. Der Einfachheit halber ist wiederum angenommen, daß die x -Achse durch den Mittelpunkt $M10$ der Faser $F10$ hindurchgeht. Aus der Konturmessung läßt sich der Versatz v_1 zwischen der Außenkontur der beiden Lichtleitfasern $F10$ und $F20$ bestimmen, wobei dieser eine Wert natürlich noch nicht ausreicht, um die Exzentrizität u zwischen Kern- und Faserachse festzustellen.

Um eine entsprechende Zusatzinformation zu erhalten, wird entweder die Referenzfaser $F10$ und/oder die Meßfaser $F20$ gemäß einer ersten Möglichkeit um einen Winkel φ_{rot} um die Faser-Kernachse gedreht, die auch parallel zur jeweiligen Längsachse verläuft, wobei diese Drehung so erfolgt, daß weiterhin die Ausrichtung der Kerne $FK10$ und $FK20$ erhalten bleibt. Gemäß einer zweiten Möglichkeit wird eine der Fasern, z. B. $F20$, z. B. um ihre Längsachse um einen Winkel φ_{rot} gedreht, so daß sich der Faserkern $FK20$ auf einer Kreisbahn hierzu bewegt. Anschließend wird unter Betätigung der Manipulatoren die Ausrichtung der Faserkerne so durchgeführt, daß die Kerne fluchten. Dabei sollte der Winkel φ_{rot} konstant bleiben. Sollte dies nicht der Fall sein, ist der tatsächliche Drehwinkel zu bestimmen und für die weitere Auswertung bereitzuhalten.

Eine um den Winkel φ_{rot} gedrehte Position der Meßfaser $F20$ ist mit $F20^*$ bezeichnet, wobei hierbei der Mittelpunkt $M20$ der Meßfaser $F20$ in die mit $M20^*$ bezeichnete Position gewandert ist. Durch eine erneute Messung der Außenkonturen der Lichtleitfasern $F10$ und $F20^*$ wird der neue Versatz v_2 der Außenkonturen ermittelt.

Wie in **Fig. 2** dargestellt ist, weisen die Referenzfaser $F10$ und die Meßfaser $F20$ beide die Exzentrizität u auf. Um u zu ermitteln, wird zusätzlich zum Versatz v_1 der Faser-Außenkonturen ($F10$, $F20$) noch eine Außenkonturmessung in der um den Winkel φ_{rot} gedrehten und wieder auf maximale Transmission justierten Position der Meßfaser $F20^*$ durchgeführt, welche den Wert v_2 ergibt.

Der Versatz v hängt jeweils vom Winkel φ ab, mit dem die Meßfaser zur Referenzfaser verdreht ist. Dabei ergibt sich:

$$v(\varphi) = 2x \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

bzw. für die Position $F20$ und die Position $F20^*$ der Meßfaser

$$v_1(\varphi_1) = 2x \sin\left(\frac{\varphi_1}{2}\right) \quad (1)$$

$$v_2(\varphi_2) = 2x \sin\left(\frac{\varphi_2}{2}\right) \quad (2)$$

Die Exzentrizität läßt sich berechnen, indem man beide Gleichungen unter Benutzung des Rotationswinkels φ_{rot} zu

$$v_2 \sin \frac{\varphi_1}{2} = v_1 \sin \frac{\varphi_1 + \varphi_{rot}}{2} \quad (2a)$$

zusammenfaßt. Letztendlich ergibt sich für die Exzentrizität dann

$$u = \frac{1}{2} v_1 \sqrt{\left(\frac{v_2}{v_1 \sin \frac{\varphi_{\text{rot}}}{2}} - \cot \frac{\varphi_{\text{rot}}}{2} \right)^2 + 1} \quad (3)$$

Die Genauigkeit der Bestimmung der Exzentrizität hängt unter anderem von der Genauigkeit ab, mit der der Rotationswinkel φ_{rot} fest gelegt werden kann.

Wie eine Auswertung der Gleichung (3) ergibt, ergibt sich der geringste Exzentrizitätsmeßfehler in Abhängigkeit von der Ungenauigkeit des Rotationswinkels bei einem Rotationswinkel von 180° . In diesem Fall vereinfacht sich die Formel für die Exzentrizität zu

$$u = \frac{1}{2} \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$$

In Fig. 3 ist eine Darstellung der Abhängigkeit des relativen Exzentrizitätsfehlers in % von Fehlwinkeln φ_f bei der Faserrotation gezeigt, wobei von einem Sollwert der Faserrotation von 180° ausgegangen ist. Wie aus dieser Figur zu erkennen ist, liegt der maximale Meßfehler (Kurve KMA – Kurve KMI zeigt den minimalen Meßfehler) für die Exzentrizität bei einem Fehler des Rotationswinkels von $\varphi_f = \pm 20^\circ$ unter 10%.

Dies heißt, daß bereits bei einer Drehgenauigkeit von nur $\pm 20^\circ$ eine im Normalfall ausreichende Genauigkeit der Messung der Exzentrizität möglich ist. Diese Drehgenauigkeit kann bereits bei einer Faserdrehung von Hand erreicht werden.

Da bekannte Spleißgeräte für Glasfasern ohnehin in den meisten Fällen mit einer Einrichtung zur Kernausrückung (Manipulatoren in x-y Richtung und beispielsweise einem LID-System) und einer Einrichtung zur Außenkonturvermessung (beispielsweise einem L-PAS-System) versehen sind, kann das erfindungsgemäße Verfahren im allgemeinen ohne zusätzlichen Hardware-Aufwand durchgeführt werden. Sofern diese Geräte eine automatische Steuervorrichtung aufweisen, ist die Durchführung des Verfahrens mit Hilfe einer einfachen Software-Erweiterung durchführbar, was kostengünstig und schnell zu realisieren ist. Auf diese Weise wird es möglich, Exzentrizitätsmessungen besonders einfach überall dort durchzuführen, wo ohnehin Spleißgeräte eingesetzt werden.

Bei dem Gerät GE zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung gemäß Fig. 4 sind zwei Lichtleitfasern F1 und F2 vorgesehen, deren Stirnseiten in der vorher beschriebenen Weise aufeinander ausgerichtet werden. Im speziellen handelt es sich bei dem dargestellten Gerät um ein Spleißgerät mit entsprechenden Meß- und Steuereinrichtungen. Die beiden Lichtleitfasern F1 und F2 werden mittels einer axialen Vorrichtung VE2 aufeinander zubewegt, bis sich ihre stirnseitigen Enden nahezu berühren. Mittels der Manipulatoren MP1 und MP2 wird die Ausrichtung der Faserkerne in zwei zueinander senkrechten Richtungen so durchgeführt, daß diese fluchten. Hierzu ist eine Lichtquelle, z. B. eine mit LA bezeichnete LED vorgesehen, die mittels einer Koppereinrichtung KE1 (z. B. Biegekoppler) Licht in die Lichtleitfaser F1 einkoppelt. Dieses Licht läuft über den Kern der Lichtleitfaser F1 zum Kern der Lichtleitfaser F2 und wird dort über eine Koppereinrichtung KA2 (z. B. Biegekoppler) ausgekoppelt und einer Meßeinrichtung ME zugeführt. Diese bestimmt, wann mittels der Betätigung der beiden Manipulatoren MP1 (bei der Faser F1) und MP2 (bei der Faser F2) die optimale Ausrichtung der Faserkerne erreicht ist, wobei in diesem Fall die maximale Transmission von Licht (= geringste Durchgangsdämpfung) erreicht wird. Diese Information wird an eine zentrale Steuereinheit ZS weitergeleitet.

In dieser Position wird mittels einer Lichtquelle LQX und einer weiteren Lichtquelle LQY in zueinander senkrechten Positionen die Faser-Stoßstelle beleuchtet und mittels der beiden Fernsehkameras CAX und CAY in zwei zueinander senkrechten Ebenen der Versatz der Außenkonturen der beiden Lichtleitfasern F1 und F2 im Stoßbereich bestimmt.

In der vorher beschriebenen Weise wird nun mindestens eine der Fasern mittels der Faserdreheinrichtung FD1 und/oder FD2 um ihre Längsachse gedreht (rotiert) um den im Zusammenhang mit Fig. 2 beschriebenen Drehwinkel (φ_{rot}) zu bestimmen. Durch eine weitere Betätigung der Manipulatoren MP1 und MP2 in X- bzw. Y-Richtung wird erneut das Fluchten der beiden Faserkerne eingestellt und mittels der beiden Kameras CAX (Abbildungseinheit ABX) und CAY (Abbildungseinheit ABY) die zweite Außenkonturvermessung entsprechend Fig. 2 durchgeführt.

Die Daten werden einer Videoauswerteeinheit VCE zugeführt, welche mit der zentralen Steuereinheit ZS in Verbindung steht. Diese zentrale Steuereinheit ZS veranlaßt auch die verschiedenen Bewegungsvorgänge und zwar mittels einer Positionssteuereinheit MPS, welche auf die Dreheinrichtungen FD1 und/oder FD2, die Manipulatoren MP1 und MP2 und die Vorrichtung VE2 einwirkt.

Nach Abschluß und Optimierung der Ausrichtung ist das dargestellte Gerät weiterhin in der Lage, eine Schweiß-, Spleiß-Verbindung herzustellen, wozu die beiden Elektroden EL1 und EL2 mittels einer Glümentladungs-Steuerung GS aktiviert werden, die ihrerseits ebenfalls von der zentralen Steuereinheit ZS angesteuert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kernexzentrizitätsbestimmung von Glasfasern (F1, F2), bei dem die Faserkerne (FK1, FK2) von einander stirnseitig angenäherten Enden von zwei eine Referenz- bzw. eine Meßfaser bildenden Glasfasern fluchtend miteinander ausgerichtet werden, worauf der Versatz der Mittelpunkte der Glasfasern bei miteinander ausgerichteten Faserkernen (FK1, FK2) gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Versatz der Glasfaser-Mittelpunkte (M1, M2) in mindestens einer Relativ-Drehstellung der beiden Glasfasern (F1, F2) um die Längsachse der miteinander ausgerichteten Faserkerne der beiden Glasfasern mit Hilfe einer Außenkonturvermessung gemessen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die fluchtende Ausrichtung der Faserkerne dadurch hergestellt wird, daß Licht in eine Glasfaser eingekoppelt wird und die Glasfasern so miteinander ausgerichtet werden, daß die über die Enden der Glasfasern übertragene Lichtleistung zu einem Maximum wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die übertragene Lichtleistung mit Hilfe eines Systems zur lokalen Injektion und Detektion von Licht beiderseits der Verbindungsstelle gemessen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenkonturvermessung mit Hilfe eines Verfahrens zur Linsenprofil-Ausrichtung durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzfaser eine erste Glasfaser mit konzentrischem Faserkern ist, und daß die Exzentrizität der zweiten, die Meßfaser bildenden, Glasfaser in einer einzigen Relativ-Drehstellung nach Ausrichtung der Faserkerne mit Hilfe des Verfahrens zur Linsenprofil-Ausrichtung gemessen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Glasfasern (F10, F20) Abschnitte der gleichen Faser sind, daß der Versatz (v_1 , v_2) der Glasfasermittelpunkte (M10, M20) bei miteinander ausgerichteten Faserkernen (FK10, FK20) in zwei Drehstellungen gemessen wird, die eine vorgegebene Winkeldifferenz φ_{rot} aufweisen und daß daraus die Exzentrizität (u) bestimmt wird.
7. Verfahren nach Ansprüche 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Exzentrizität (u) aus der folgenden Gleichung bestimmt wird:

$$u = \frac{1}{2} v_1 \sqrt{\left(\frac{v_2}{v_1 \sin \frac{\varphi_{\text{rot}}}{2}} - \cot \frac{\varphi_{\text{rot}}}{2} \right)^2 + 1}$$

worin v_1 und v_2 der jeweils gemessene Außenkonturversatz bei der ersten bzw. zweiten Drehstellung ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Winkeldifferenz etwa $\varphi_{\text{rot}} 180^\circ$ beträgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrehung der Meßfaser gegenüber der Referenzfaser von Hand erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Relativdrehung zwischen der Referenz- und Meßfaser mit Hilfe einer Drehvorrichtung erfolgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Genauigkeit des Winkels φ_{rot} kleiner als $\pm 20^\circ$ ist.
12. Gerät zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Einrichtung zur Ausrichtung der Faserkerne und eine Meßeinrichtung zu Bestimmung der Außenkontur der Fasern aufweist, und daß die so gewonnenen Meßgrößen einer Auswerteinrichtung zugeführt sind, die daraus die Exzentrizität (u) des Kernes (FK2) der Meßfaser (F2) bestimmt.
13. Gerät nach Ansprüche 12, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Drehvorrichtung für mindestens eine der Fasern (F2) aufweist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

